GELUIDSREGISTRATIE



WIJ EN DE ELEKTRONICA

Fig. 1

De „Phonograph" van Edison

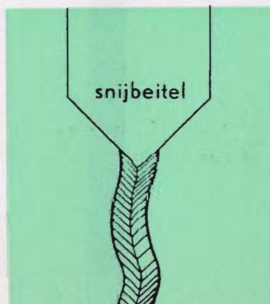


was een scherpe naald aangebracht, die met zijn punt tegen het bladtin rustte. Door draaiing van de cilinder om zijn as, gekoppeld aan een zijdelingse verplaatsing werd in het bladtin een schroeflijn gekrast. Kwam het plaatje door opvallend geluid in trilling, dan registreerde de naald die bewegingen door plaatselijke veranderingen in de diepte van de groef.
Bij het afspelen liet men de naald met dezelfde snelheid weer door de groef lopen. De golvingen in de diepte ervan brachten het plaatje — en ook de lucht — weer in trilling. Ja, het voortgebrachte geluid leek inderdaad wel wat op het oorspronkelijke !
Later kwam de vlakke zinken schijf, voorloper van de huidige gramofoonplaat.
Elektriciteit kwam er nog niet aan te pas. Verbetering van de geluidskwaliteit werd echter verkregen door het geluid met een microfoon in elektrische trillingen om te zetten, die dan na versterking naar de groefsnijder werden gevoerd (fig. 2). De stroom gaat hierbij, net als bij de telefoon of luidspreker, door een om een ijzerkern gewikkeld spoeltje, een elektromagneet. Door de wisselende sterkte van de elektrische stroom wordt een beweeglijk ijzeren ankertje met wisselende kracht aangetrokken. De daarop bevestigde snijbeitel komt daardoor eveneens in trilling. Onder deze beitel draait met zeer constante snelheid een lakplaat rond; de beitel zelf beweegt bovendien nog langzaam naar de as van de draaitafel toe. In de plaat wordt door deze twee bewegingen een spiraalvormige groef gesneden. Doordat de beitel in dwarse richting trilt, bevat de groef slingeringen, die een afspiegeling van het opgenomen geluid zijn (fig. 3).

Fig. 2 Een groefsnijder



Fig. 3



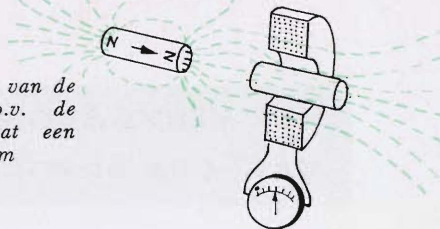


Fig. 6
Bij beweging van de magneet t.o.v. de spoel ontstaat een inductiestroom

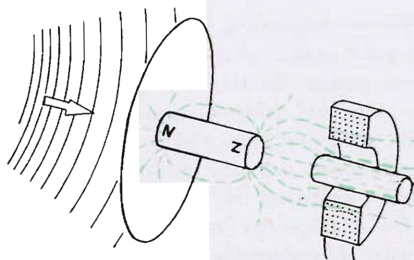


Fig. 7
Principe van een microfoon

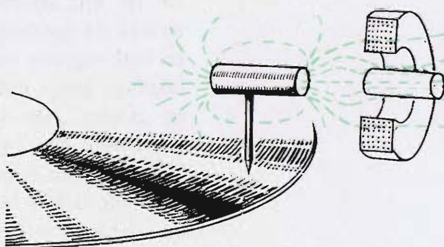


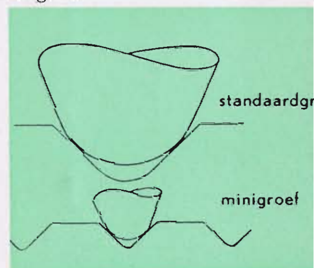
Fig. 8
Principe van een groeftaster

spoelopening veranderd, dan treedt in de draad een elektrische stroom op. Of men daartoe de spoel of de magneet beweegt of de sterkte van de magneet verandert, doet er niet toe, steeds ontstaat zo'n zg. inductiestroom (fig. 6).
De richting van de stroom hangt af of het veld in sterkte tóé- dan wel afneemt; de sterkte van de stroom wordt bepaald door de snelheid waarmede het veld verandert.
Een mooi voorbeeld vinden we in de fietsdynamo. Maar hoe werkt nu een microfoon ? Op een trilplaatje is een klein magneetje bevestigd (fig. 7). In de nabijheid bevindt zich een spoeltje. Als nu het plaatje door het geluid in trilling gebracht wordt, zal ook het magneetje t.o.v. de spoel heen- en weer bewegen. Het magnetische veld dat door de spoelopening gaat verandert voortdurend in sterkte en dus levert de spoel een wisselstroom.
Op dezelfde wijze werkt de groeftaster bij de platenspeler. Alleen wordt nu het magneetje t.a.v. de spoel niet door een trilplaatje bewogen doch door de naald, die de golvingen van de groef volgt (fig. 8).
Ook bij het weergeven bij de bandopnemer wordt van inductie gebruik gemaakt. Wij komen daar later nog op terug. Steeds zullen we zien dat in een spoel een elektrisch stroompje ontstaat doordat het magnetische veld dat door de spoelopening gaat in sterkte verandert.

korreligheid. In het nu toegepaste plastiek kunnen veel fijnere trillingen worden vastgelegd. Zelfs bij kleinere draaisnelheid zullen daardoor veel hogere tonen worden geregistreerd. Ook het ruisen is nu veel minder.
Langspeelplaten met hoge geluidskwaliteit (hi-fi) zijn thans algemeen ingeburgerd. Platen met een minigroef moeten worden afgespeeld met $33^1/_3$ omwentelingen per minuut (LP = long play) of 45 omwentelingen per minuut (EP = extended play). Vroeger was dat 78 per minuut.

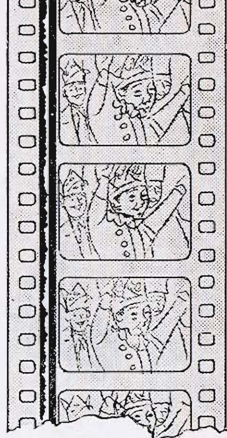
Figuur 9 toont de doorsneden van de minigroef en van de oude „standaardgroef". Het zal daaruit duidelijk zijn waarom verschillende naalden gebruikt moeten worden.
Voor speciale doeleinden worden platen vervaardigd, die met een snelheid van $16^2/_3$ omwentelingen per minuut moeten worden afgespeeld. De speelduur van een dergelijke plaat is uiteraard lang, maar de geluidskwaliteit is minder goed. De snelheid waarmede de groefsnijder bij het opnemen door de lakplaat getrokken wordt is te klein om ook de elkaar snel opvolgende trillingen van een hoge toon afzonderlijk en los van elkaar te registreren.
We geven ter toelichting een getallenvoorbeeld. Stel dat de groefsnijder op een bepaald moment 10 cm van de as verwijderd is en dus een cirkel krast met een straal van 10 cm. De omtrek van deze cirkel is $2\pi r = 2 \times 3{,}14 \times 10$ cm = ca 60 cm.
Als de plaat 30 omwentelingen per minuut maakt is dat een halve omwenteling per seconde. De groef wordt dus met een snelheid van 30 cm/sec gesneden.
Wordt nu een toon van 3000 Hz opgenomen dan moeten dus 3000 heen- en weergangen geregistreerd worden op een groeflengte van 30 cm. Elke heen- en weergang is dus in de groef slechts 30 cm : 3000 = 0,01 cm = mm lang.

Fig. 9



De snijbeitel moet wel heel fijn zijn om dát goed te kunnen registreren ! Worden nog hogere tonen toegevoerd of draait de plaat nog langzamer, dan wordt deze afstand nog korter. Het zal duidelijk zijn dat de heel kleine snelheid van $16^2/_3$ omwentelingen per minuut alleen geschikt is voor opnamen waarbij de hoge tonen niet van belang zijn zoals in spraak. Ook bij de telefonie neemt men voor het gesproken woord met een kleinere bandbreedte genoegen (200-4000 Hz, zie pag. 2 van het deeltje „Frequentiemodulatie"). Muziek komt hier steeds te kort.

Fig. 11



Door het open deel van deze spleet valt het licht van een lampje; de lichtspleet wordt door een lens afgebeeld op de lichtgevoelige filmstrook in een smalle ruimte tussen filmbeeld en perforatie. De lengte van dit spleetbeeldje varieert dus voortdurend en als men nu de filmstrook met constante snelheid verplaatst, krijgt men na fotografische ontwikkeling een spoor dat in de breedte wisselt (zie figuur 11). In deze breedtevariaties is het geluid vastgelegd.
Bij het „afspelen" laat men een smalle bundel licht door dit geluidsspoor gaan; de film wordt met constante snelheid bewogen, zodat men wisselingen in de sterkte van de doorgaande lichtbundel krijgt. Een foto-elektrische cel. zoals besproken op blz. 13 van het boekje „Elektronenbuizen", zet deze lichttrillingen weer in elektrische trillingen om, enz.
Door de in werkelijkheid zeer gecompliceerde en kostbare apparaten lenen zich de optische methoden alleen voor professioneel gebruik. Bij vele geluidsfilms in bioscopen wordt thans de magnetische methode toegepast.

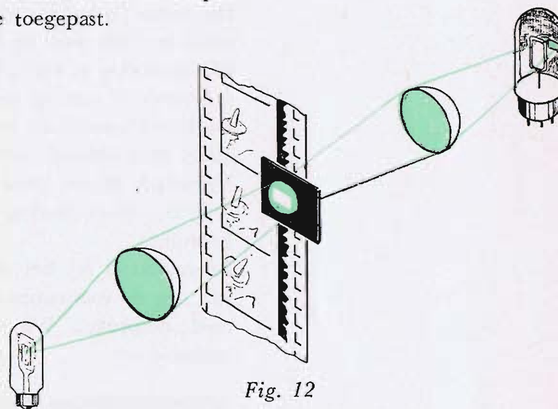


Fig. 12
Principe van optische geluidsweergave

MAGNETISCHE REGISTRATIE

Reeds kort na de uitvinding van Edison, nl. in 1888 werd door Oberlin Smith voor het eerst het principe van magnetische geluidsvastlegging beschreven. Hij dacht zich een katoenen draad met tussen de vezels fijn verdeeld ijzerpoeder. Werd zo'n draad in zijn lengterichting door het magnetische veld van een elektromagneet getrokken, dan zouden sterktewisselingen van de stroom door de magneetspoel, de na elkaar passerende ijzerdeeltjes elk met verschillende sterkte magnetiseren. Als de draad vervolgens langs een spoeltje

een Z-pool. De verbindingslijn der polen noemt men de as. In niet-gemagnetiseerd ijzer zijn deze assen willekeurig in alle mogelijke richtingen gericht. In dit opzicht heerst er een grote wanorde. Het gevolg is dat de magnetische veldjes elkaar buiten het ijzer opheffen.

In gemagnetiseerd ijzer daarentegen zijn de assen alleen in één richting georiënteerd. De magnetische velden der elementaire magneetjes versterken elkaar en naar buiten gedraagt het ijzer zich als een magneet.

Magnetiseren is dus niets anders dan het scheppen van orde in de oorspronkelijke wanorde. De magneetjes worden daarbij alleen gedraaid, niet verplaatst (zie fig. 14). Dit geschiedt door het aanbrengen van een magnetisch veld, bv. van een (elektro)magneet.

Men kan twee soorten magnetiseerbare stoffen onderscheiden. In de magnetisch „zachte" materialen zoals weekijzer, vindt magnetisatie gemakkelijk plaats, doch demagnetisatie treedt even snel op. De elementaire magneetjes zijn blijkbaar zonder veel moeite draaibaar. „Ferroxcube" is ook zo'n stof. In de magnetisch „harde" materialen staal, „Ticonal", „Ferroxdure", enz. zijn de magneetjes echter moeilijk draaibaar. Magnetisatie vereist krachtige velden, maar het heeft ook een blijvend gevolg.

Voor magnetische geluidsregistratie is in principe een stof nodig die tussen deze twee soorten inligt : blijvende magnetisatie is absoluut noodzakelijk, doch al te moeilijk moet het magnetiseren — bij het opnemen althans — niet zijn. Door een kunstgreep, nl. de toevoeging van een extra-stroom door de spoel, kan men toch een hard-magnetisch materiaal gebruiken. Op de details hiervan kan echter op deze plaats niet worden ingegaan. De tegenwoordige magnetische banden

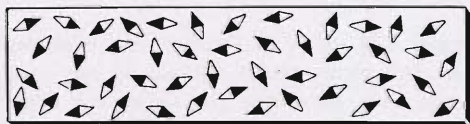
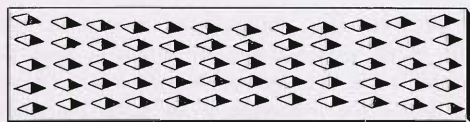


Fig. 14

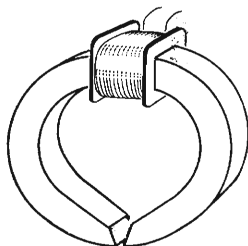
a. In niet-gemagnetiseerd ijzer heerst wanorde



b. In gemagnetiseerd ijzer heerst orde

deze spleet getrokken wordt, gemagnetiseerd. Elk deeltje ijzeroxide behoudt na het passeren grotendeels de magnetisatie die het bij de spleet verkregen heeft. Men noemt de gebruikte magneetkop de opneemkop.
De sterkte van deze magnetisatie hangt af van de sterkte van het magneetveld in de spleet en dus van de stroomsterkte door de spoel. Is deze stroom de versterkte stroom, afkomstig van een microfoon, dan zal de blijvende magnetisatie van de verschillende, *naast* elkaar liggende gebiedjes op de band een afspiegeling zijn van de geluidstrillingen die de microfoon *na* elkaar getroffen hebben.
Bij het weergeven wordt de band, na terugspoelen, met dezelfde snelheid en in dezelfde richting langs de weergeefkop gevoerd. Deze kop is net zo ingericht als de opneemkop. Terwijl deze laatste verbonden is met de uitgang van de microfoon-versterker, staat de andere in verbinding met de ingang van de weergeefversterker met luidspreker, zoals in fig. 15 is getekend.
We hebben gezien, dat elk gebiedje van de band een bepaalde graad van magnetisatie heeft gekregen. Het buiten de band uitstekende magnetische veld is dus niet overal even sterk. Bij het passeren van de magneetkop zal dus een voortdurend in sterkte wisselend magneetveld heersen, niet alleen in de spleet, doch ook in de ringvormige kern en dus ook in de spoelopening. In de spoel zal zodoende een inductiestroom ontstaan, die dezelfde trillingen bevat als het oorspronkelijke geluid. Versterker en luidspreker doen de rest.

Fig. 16



Om op een reeds gebruikte band nieuw geluid op te kunnen nemen, moet de vorige registratie vóór het passeren van de opneemkop uitgewist worden. Dit geschiedt met een zg. wiskop, die vóór de andere kop(pen) geplaatst is. Door de spoel wordt een wisselstroom geleid met een hoge, „onhoorbare" frequentie van ruim 50.000 Hz. Deze wisselingen zijn zo snel dat elk ijzeroxide-deeltje gedurende het passeren van de spleet enkele wisselingen meemaakt en dus nu eens de ene kant en dan weer de andere kant op gemagnetiseerd wordt. Relatief langzaam komen de ijzeroxide-deeltjes uit het snel wisselende magnetische veld. Het resultaat is dat tenslotte in elk gebiedje evenveel deeltjes in de ene als in de andere richting gemagnetiseerd zijn. Er is nu geen voorkeursrichting meer; de band is gedemagnetiseerd.
De mogelijkheid een opname uit te wissen betekent dat dezelfde band steeds weer opnieuw kan worden gebruikt.

STEREOFONIE

Bij figuur 2 in het deeltje „Radar" is besproken hoe men door het gebruik van beide oren in staat is de richting te horen waarin een geluidsbron zich bevindt. Het tijdsverschil tussen de ontvangst van hetzelfde geluid door beide oren bedraagt maximaal nog geen duizendste seconde.
Maar dit is voor het gehoorzintuig reeds voldoende. Als het geluid van opzij komt, is er behalve een tijdsverschil ook nog een verschil in sterkte; het geluid moet zich nl. om het hoofd heenbuigen om het oor aan de andere zijde te bereiken. Ook dit verschil draagt sterk bij tot het verkrijgen van een ruimtelijk of stereofonisch geluidsbeeld.

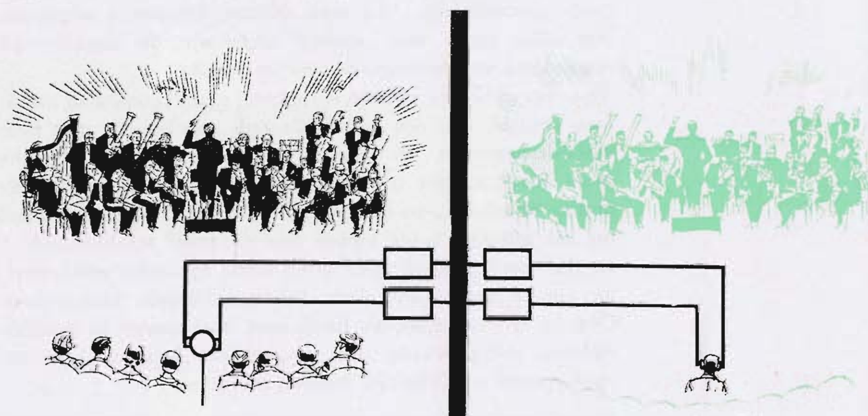


Fig. 18

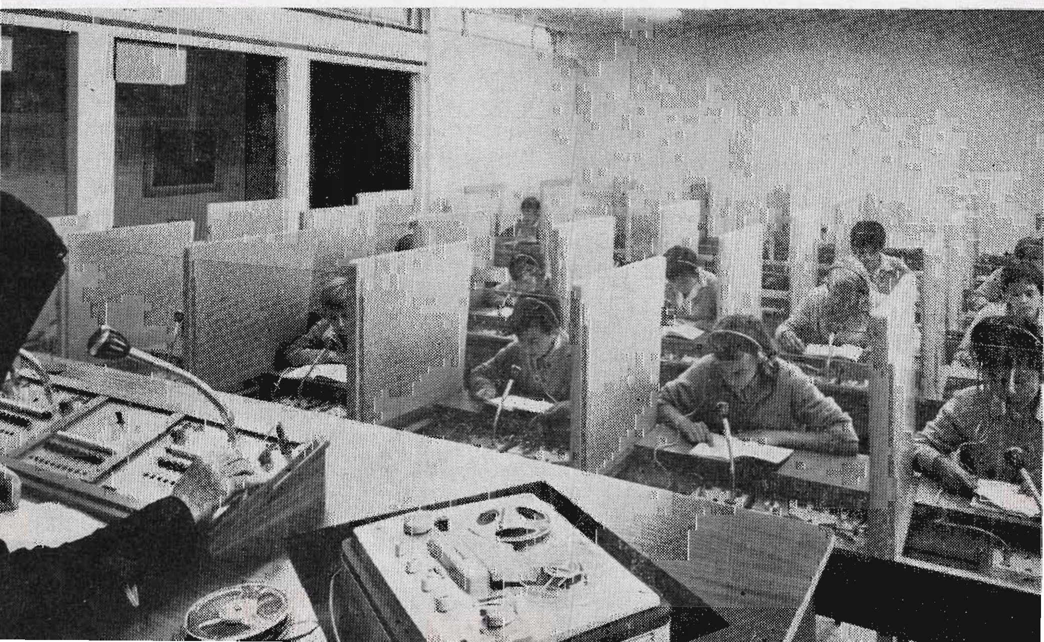
Willen we deze ruimtelijkheid ook bij kunstmatige overbrenging van geluid zoveel mogelijk handhaven, dan kan niet met één geluidskanaal worden volstaan. In principe dient men met beide oren in de concertzaal aanwezig te zijn. Is dit niet mogelijk, dan moet men elk oor een apart verlengstuk geven, dat tot in de zaal reikt. Dit zouden in principe spreekbuizen kunnen zijn, doch beter is het de kanalen elektrisch te maken met een versterker er in en eindigende in een microfoon. Omdat deze microfoons het geluid net zo moeten ontvangen als onze twee oren dat zouden doen, worden ze op de juiste plaats in een kunsthoofd aangebracht. Twee kanalen brengen dan elk apart geluid over, van kunsthoofd naar hoofdtelefoon. Een deel van zo'n kanaal kan door een radioverbinding gevormd worden.

uitvoering van het begin tot het einde overal de hoogst bereikbare kwaliteit hebben. Wanneer zelfs een kleine passage onder de maat bleef, moest steeds een volledig nieuwe opname worden gemaakt.

Toen men echter magnetische band bij het opnemen ging gebruiken, werd het mogelijk de beste stukken van verschillende uitvoeringen samen te voegen en zo tot een complete opname van de hoogste kwaliteit te komen. Dit betekende een belangrijke besparing van tijd, moeite en kosten. Men maakt daarbij dan gebruik van de mogelijkheid gedeelten van een bandopname uit te wissen, weg te knippen of aan elkaar te plakken. Met dergelijke montages kunnen fouten worden hersteld, „klankbeelden" worden samengesteld, solopartijen worden toegevoegd aan apart opgenomen begeleidingsmuziek, enz.

Magnetische band wordt echter ook voor vele andere doeleinden gebruikt. Een groot deel van de radioprogramma's wordt tegenwoordig van te voren op de band opgenomen. In tal van scholen worden bandopnemers in de les gebruikt. Vele brieven worden op kantoren op magnetische dikteermachines gedikteerd. Velen leren thans een juist gebruik en een goede uitspraak van vreemde talen in zg. talenpraktica. Op de grote luchthavens staan bandopnemers, die alle radiotelefonische gesprekken met piloten van vliegtuigen op de band registreren. Een dergelijke machine kan op 15 naast

Fig. 19
Een „talenprakticum"



WOORDENLIJST

Gedrukt in Nederland
Nr. 7, November 1962